

Jesse Pirkkiö

ENERGIATEHOKKAAT SUUNNITTELURATKAISUT JA NIIDEN VAIKUTUS RAKENNUSTEN YLLÄPITOON

ENERGIATEHOKKAAT SUUNNITTELURATKAISUT JA NIIDEN VAIKUTUS RAKENNUSTEN YLLÄPITOON

Jesse Pirkkiö
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Jesse Pirkkiö

Opinnäytetyön nimi: Energiatehokkaat suunnitteluratkaisut ja niiden vaikutus rakennusten ylläpitoon

Työn ohjaaja(t): Esa Pakonen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: sivut + liitteet (29 + 8)

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia energiatehokkaita suunnitteluratkaisuja ja selvittää, miten ne vaikuttavat rakennusten ylläpitoon. Työn toimeksiantajana toimii Granlund Rovaniemi Oy. Työn tavoitteena oli selvittää energiatehokkaiden suunnitteluratkaisujen vaikutus rakennusten talotekniseen ylläpitoon.

Työssä tarkasteltiin vasta uudistuneita energiamääräyksiä sekä niiden vaikutusta uudis- ja korjausrakentamiseen. Lisäksi tutkittiin energiatehokkuuden määrittelyä ja nollaenergiarakentamista. Tarkastelun kohteena olivat myös erilaiset ratkaisut energian säästämiseen, joka on suuressa osassa rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa. Lopussa esitellään esimerkkejä erilaisten rakennusten energiasaneerauksista ja niiden vaikutuksista rakennusten energiankulutuksiin.

Tulokseksi saatiin, että energiatehokkailla suunnitteluratkaisuilla saadaan enemmän säästöjä energiankulutukseen, kuin niiden ylläpitokustannukset maksaisivat.

Asiasanat: energiatehokkuus, suunnittelu, ylläpito, rakentaminen

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| SISÄLLYS | 4 |
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 UUDET ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA -ASETUKSET | 6 |
| 2.1 Uudisrakennukset | 6 |
| 2.2 Muutos- ja korjaustyöt | 9 |
| 3 ENERGIATEHOKAS SUUNNITTELU | 10 |
| 3.1 Energiatehokkuuden määrittely | 10 |
| 3.2 Energiatehokkaan suunnittelun perusteet | 11 |
| 3.3 Lähes nollaenergiarakentaminen | 12 |
| 4 ENERGIATEHOKKAIDEN RATKAISUJEN VAIKUTUS YLLÄPITOON | 14 |
| 4.1 Kiinteistön lämmitys ja käyttövesi | 14 |
| 4.1.1 Pumput | 14 |
| 4.1.2 Taajuusmuuttajat ja lämmönsäätimet | 15 |
| 4.1.3 Lämpöpumput | 15 |
| 4.1.4 Hybridilämmitys | 17 |
| 4.2 Ilmanvaihto | 19 |
| 4.2.1 Ilmanvaihdon säätö ja ohjaus | 20 |
| 4.2.2 Ilman lämmitys ja lämmöntalteenotto | 20 |
| 4.3 Sähkö | 21 |
| 5 ESIMERKKEJÄ ENERGIASANEERAUKSISTA | 23 |
| 5.1 Långvik kokous- ja kylpylähotelli | 23 |
| 5.2 Meilahden tornisairaala | 24 |
| 6 YHTEENVETO | 25 |
| LÄHTEET | 26 |
| LIITTEET | |
| Liite 1 Esimerkki toimistorakennuksen energiatodistuksesta | |

1 JOHDANTO

Rakentamismääräykset ja niiden myötä myös energiatehokkuusvaatimukset ovat kiristyneet Suomessa viime vuosikymmeninä. Erityisesti Euroopan unionin tavoitteet hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä ovat vieneet rakennusten suunnittelua energiatehokkaampaan suuntaan. Energiatehokas suunnittelu, kuten lisääntynyt rakennusautomaatio, luo haasteita rakennuksen ylläpitämiseen.

Tämä opinnäytetyön tavoitteena on selvittää erilaisten energiatehokkaiden suunnitteluratkaisujen vaikutusta rakennusten lvi-tekniiseen ylläpitoon. Työssä käydään läpi vuoden alussa uudistuneita energiamääräyksiä sekä uudis- että muutos- ja korjausrakentamiseen.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Granlund Rovaniemi Oy, jonka toimitusjohtajana toimii Jukka Kärki. Emoyhtiö Granlund Oy on perustettu vuonna 1960, ja se on talotekniikkasuunnittelun, kiinteistö-, energia- ja ympäristöasioiden konsultoinnin sekä ohjelmistojen asiantuntijakonserni, jonka osaamisena on energiatehokkuus. Yrityksessä panostetaan uusien energiaratkaisujen, toimialojaan tukevien ohjelmistojen sekä integroidun suunnittelun kehittämiseen.

2 UUDET ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA -ASETUKSET

Energiamääräykset ovat uudistuneet alkuvuodesta 2018. Määräykset vievät rakentamista kohti lähes nollaenergiarakentamista, josta kerrotaan lisää kohdassa 3.1 Lähes nollaenergiarakentaminen. Taustalla energiatehokkuuden parantamiseen on Suomen energia- ja ilmastostrategia sekä Kioton ilmastopöytäkirja, joiden tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Suomessa uudisrakentamisessa on tavoitteena matalaenergiarakentaminen sekä selvä energiatehokkuuden parantaminen jo olemassa oleviin rakennuksiin. (1, s. 4–5.)

2.1 Uudisrakennukset

Uusien rakennusten energiatehokkuudesta julkaistiin uusi asetus vuoden 2017 lopulla. Asetus 1010/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta kumoaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 Rakennusten energiatehokkuus, jonka viimeisin versio tuli voimaan vuonna 2012.

Uudessa asetuksessa on vanhan D3:n tapaan esitetty raja-arvoja sallituille laskennallisille E-luvuille eri rakennusten käyttötarkoituksiluokille. E-luku lasketaan kaavan 1 mukaan (2, s. 5).

$$E = \frac{f_{kl}Q_{kl} + f_{kj}Q_{kj} + \sum_i f_{pa,i}Q_{pa,i} + f_{säh}W_{säh}}{A_{netto}}$$

KAAVA 1

E = energiatehokkuuden vertailuluku ($\text{kWh}_E/\text{m}^2\text{a}$)

Q_{kl} = kaukolämmön kulutus vuodessa (kWh/a)

Q_{kj} = kaukojäähdytyksen kulutus vuodessa (kWh/a)

$Q_{pa,i}$ = polttoaineen i sisältämän energian kulutus vuodessa (kWh/a)

$W_{säh}$ = sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennykset rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä energiasta otetusta energiasta siltä osin, kuin se on

käytetty rakennuksessa siinä tapahtuvan vakioituun käyttöön perustuvan energiankulutuksen kattamiseen (kWh/a)

f_{kl} = kaukolämmön energiamuodon kerroin

f_{kj} = kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin

$f_{pa,i}$ = polttoaineen i energiamuodon kerroin

$f_{säh}$ = sähkön energiamuodon kerroin

A_{netto} = rakennuksen lämmitetty nettoala (m²).

Laskennassa käytettävät energiamuotojen kertoimet on esitetty kuvassa 1.

Rakennuksissa käytettävät energiamuotojen kertoimien lukuarvot ovat:

| | |
|--|-------|
| 1) sähkö | 1,20 |
| 2) kaukolämpö | 0,50 |
| 3) kaukojäähdytys | 0,28 |
| 4) fossiiliset polttoaineet | 1,00 |
| 5) rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet | 0,50. |

KUVA 1 Energiamuotojen kertoimien lukuarvot (3)

Jokaisen käyttötarkoituksaluokan E-luvun maksimiarvo on pudonnut uuden asetuksen myötä. Suurimpina pudotuksina ovat muun muassa luokat 3, 4, 6 ja 8. (4, s. 9; 2, s. 3–4). E-lukujen raja-arvoja on vertailtu taulukossa 1.

TAULUKKO 1 E-lukujen raja-arvojen vertailu (4, s. 9; 2, s. 3–4)

| Käyttötarkoitukseluokka | Vanha E-luvun raja-arvo (kWh/(m ² a)) | Uusi E-luvun raja-arvo (kWh _E /(m ² a)) |
|-------------------------|--|---|
| Luokka 2 | 130 | 90 |
| Luokka 3 | 170 | 100 |
| Luokka 4 | 240 | 135 |
| Luokka 5 | 240 | 160 |
| Luokka 6 | 170 | 100 |
| Luokka 7 | 170 | 100 |
| Luokka 8 | 450 | 320 |
| Luokka 9 | E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta | Ei raja-arvoa |

Luokkaan 4 kuuluvat erilaiset liikerakennukset. Näiden rakennusten sallittu E-luku on pudonnut 170:stä 100:aan, joka on lähes 44 %. Toimistorakennusten ja terveyskeskuksien (luokka 3) E-luvun raja-arvo on pudonnut 41 %. Saman verran on pudonnut myös luokan 6 rakennusten maksimi-arvo. Luokkaan 6 kuuluvat opetusrakennukset ja päiväkodit. Muiden luokkien selitykset sekä luokan 1 E-lukujen muutokset löytyvät kuvasta 2. Liitteessä 1 on esimerkki toimistorakennuksen energiatodistuksesta.

| Käyttötarkoitukseluokka | E-luvun raja-arvo kWh _E /(m ² a) |
|--|--|
| Luokka 1) Pienet asuinrakennukset: a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on 50–150 m ² b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 150 m ² kuitenkin enintään 600 m ² c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 600 m ² d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa | 200–0,6 A_{netto} 116–0,04 A_{netto} 92 105 |
| Luokka 2) Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa | |
| Luokka 3) Toimistorakennus, terveyskeskus | |
| Luokka 4) Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälärakennus lukuun ottamatta päivittäistavarakaupan alle 2000 m ² yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli | |
| Luokka 5) Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntola, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos | |
| Luokka 6) Opetusrakennus ja päiväkotit | |
| Luokka 7) Liikuntahalli lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia | |
| Luokka 8) Sairaala | |
| Luokka 9) Muu rakennus, varastorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 2000 m ² yksikkö, siirtokelpoinen rakennus | |

KUVA 2 Rakennusten käyttötarkoitukseluokat sekä E-luvun raja-arvot luokassa 1 (2, s. 3–4)

2.2 Muutos- ja korjaustyöt

Uusin asetus (2/17) energiatehokkuuden parantamisesta, joka koskee korjaus- ja muutostöitä, tuli voimaan kesäkuussa 2017. Tuolloin Ympäristöministeriön asetus 2/17 korvasi muutamia asetuksen 4/13 momentteja sekä toi uuden pykälän 1 a.

Uudessa pykälässä kumottiin vanha soveltamisala. Nykyisin pykälässä on määritelty teknisestä, taloudellisesta sekä toiminnallisesta toteutettavuudesta korjaus- ja muutostöissä. Uutena asiana pykälään on tullut toteutuksen taloudellisen tarkastelun tarkastelujakso, joka on asuinrakennuksissa 30 vuotta ja muissa rakennuksissa 20 vuotta. Tarkastelujakso voi olla lyhyempi, jos rakennusosan tai järjestelmän normaali elinkaari on lyhyempi. (5, s. 1.)

Energiatehokkuuden parantamisen suunnittelua koskevaan pykälään on lisätty korjauksen laajamittaisuuden määrittäminen, jota ei ennen ollut. Jos korjausten jälleenrakentamiskustannuksiin perustuvat kokonaiskustannukset ovat yli 25 prosenttia rakennuksen arvosta, korjaus määritellään laajamittaiseksi. (5, s. 1.)

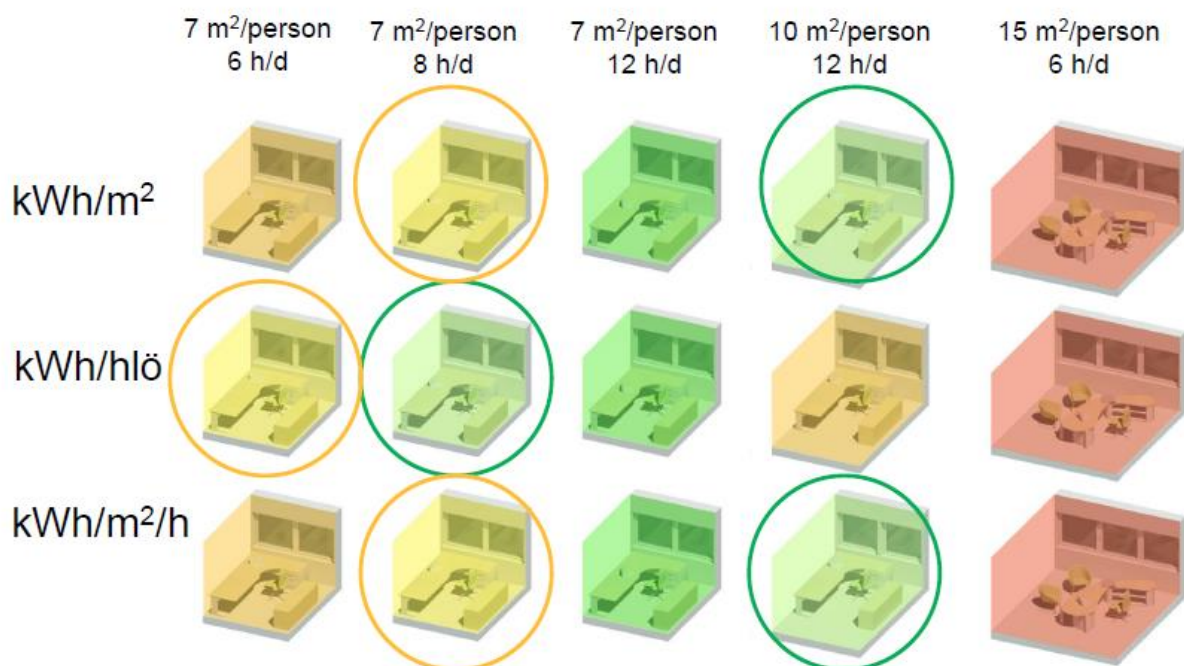
Viimeisenä lisänä asetukseen on tarkennettu teknisten järjestelmien vaatimuksia. Tarkennuksia on tullut lämmitysjärjestelmien hyötysuhteen parantamiseen laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä. Muun muassa pääasiallisen lämmöntuottojärjestelmän ja tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän hyötysuhteiden väliselle suhteelle on asetettu vähimmäissuhdeluku, joka on 0,8. Jos tilan pääasiallinen lämmöntuottojärjestelmä on lämpöpumppu, suhdeluvun on oltava vähintään 2,4. (5, s. 1–2.)

3 ENERGIAATEHOKAS SUUNNITTELU

3.1 Energiatehokkuuden määrittely

Energiatehokkuutta voidaan mitata usein eri keinoin. Tyypillisesti energiatehokkuutta arvioidaan rakennuksen energiankulutus suhteutettuna rakennuksen pinta-alaan, jolloin yksiköksi saadaan kWh/m². Kyseinen tapa arvioida energiatehokkuutta on tehokas, kun vertaillaan laskennallisesti erilaisia energiatehokkuuteen vaikuttavia ratkaisuja. Toisaalta, jos vertaillaan rakennuksia eikä tiedetä niiden käyttötarkoitusta tai laitteistoa, mitattu kWh/m² ei välttämättä ole vertailukelpoinen. (6, s. 10.)

Muita tapoja mitata rakennuksen energiatehokkuutta ovat muun muassa hiilidioksidipäästöt neliötä kohden (CO₂/m²), kulutus suhteutettuna käyttötunteihin (kWh/käyttötunnit) sekä kulutus per henkilö (kWh/hlö). Kuvassa 3 on esimerkki toimistotilan energiatehokkuudesta eri tavoin arvioituna. Kaikissa arvioinneissa keskimääräinen toimistotila on energiatehokkain. (6, s. 5.)



KUVA 3 Toimistotilan energiatehokkuus eri tavoin arvioituna (6, s. 11)

Ensimmäisellä rivillä tilojen energiatehokkuutta on mitattu energiankulutuksen suhteena pinta-alaan. Kyseisellä menetelmällä arvioituna vihreällä maalattu toimisto on energiatehokkain, koska tila on pieni ja tilan käyttö on 12 tuntia päivässä. Huonoiten pärjää pinta-alaltaan suurin toimisto, koska sillä on suurin laskennallinen energiankulutus. Toisella rivillä on arvioitu energiankäyttöä henkilöihin suhteutettuna. Pienet tilat pärjäävät pienemmän laskennallisen energiankulutuksen takia paremmin.

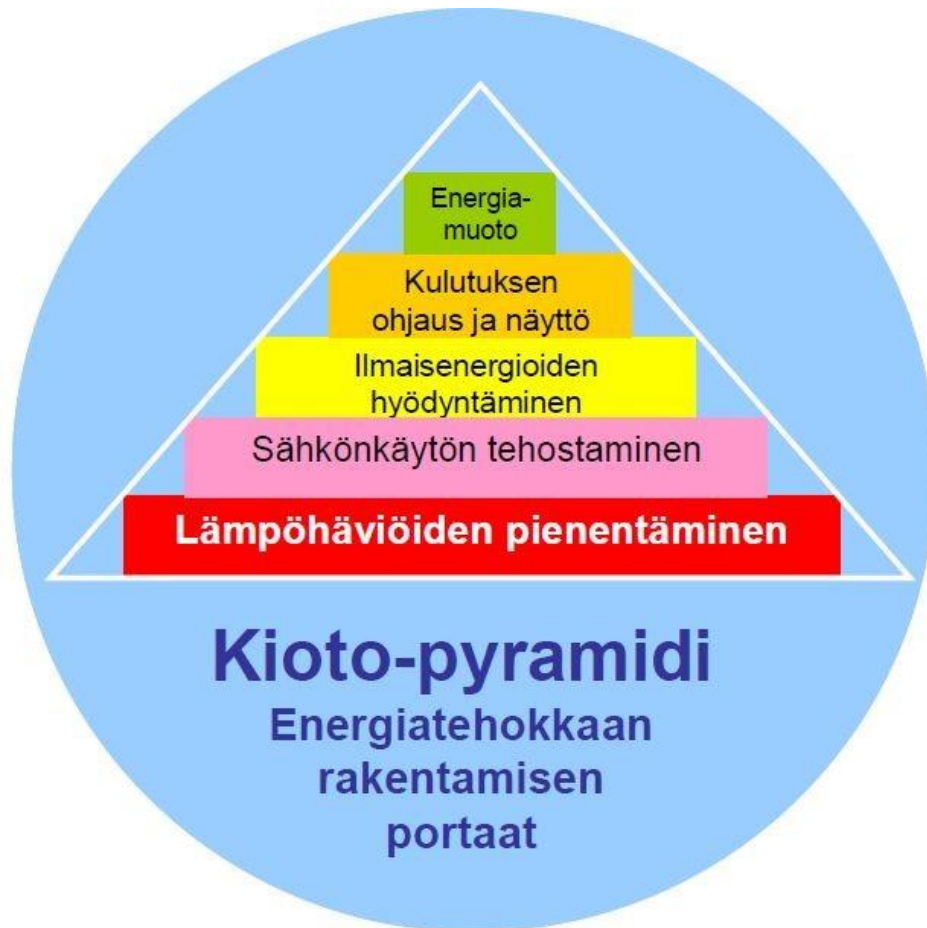
3.2 Energiatehokkaan suunnittelun perusteet

Energiatehokkuuden perusteena on yksittäisistä ratkaisuista koostuva hallittava kokonaisuus. Perustana energiatehokkuuden parantamiseen on lämpöhäviöiden pienentäminen. Lämpöhäviöiden pienentämisellä haetaan mahdollisimman pientä energiankulutusta. Kohteita, joissa lämpöhäviöitä voi pienentää, ovat esimerkiksi rakennuksen ulkovaipan tiiveys ja lämmöneristys, lvi-järjestelmien eristys, lämmöntalteenotto ilmanvaihdosta sekä sisätilojen suojaus auringon lämmöltä jäähtymisen minimoimiseksi. (1, s. 6–7.)

Seuraavana portaana on sähkönkäytön tehostaminen, joka voi tarkoittaa muun muassa energiatehokkaita sähkölaitteita ja niiden tarpeenmukaista käyttöä. Tarpeenmukaiset olosuhteet tiloissa sekä painetasot ilman ja veden siirrossa mahdollistavat pumppujen ja puhaltimien tasaisen käynnin. (1, s. 6–7.)

Ilmaisenergioiden hyödyntämisellä viitataan lähinnä aurinkoenergian hyödyntämiseen. Lisäksi lämmöntalteenoton oikea ohjaus, vapaajäähtytys sekä dynaaminen lämmityksen ja jäähtymisen ohjaus ovat keinoja hyödyntää ”ilmaisenergiaa”. (1, s. 6–7.)

Energian kulutuksen ohjauksen ja näytön yläpuolella viimeisenä portaana on sellaisen energiamuodon valinta, joka vastaa kullakin hetkellä tehokkainta energiamuotoa. Näistä osa-alueista saadaan energiatehokkaan rakentamisen portaavat eli Kioto-pyramidi, joka on esitetty kuvassa 4. (1, s. 6–7.)



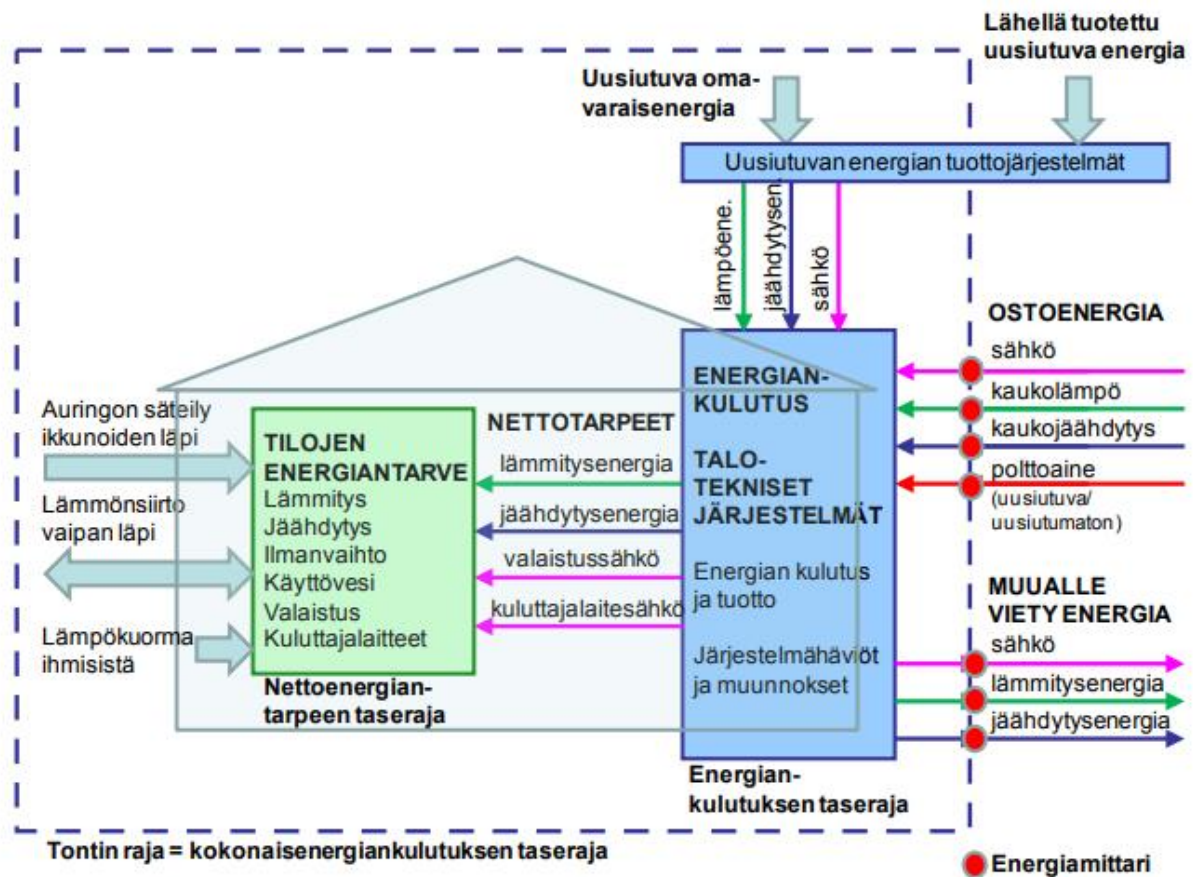
KUVA 4 Kioto-pyramidi (1, s. 6)

3.3 Lähes nollaenergiarakentaminen

Lähes nollaenergiatalolla tarkoitetaan rakennusta, jonka energiantarpeesta suuri osa tuotetaan rakennuksessa tai sen lähistöllä tuotetulla uusiutuvalla energialla. EU-maissa lähes nollaenergiatalo otetaan Euroopan parlamentin hyväksymän energiatehokkuusdirektiivin mukaan käyttöön uudisrakentamisen perusratkaisuksi vuodesta 2019 alkaen julkisessa rakentamisessa sekä 2021 kaikissa uudisrakennuksissa. Absoluuttisia arvoja EU:n direktiivi ei lähes nollaenergiatalolle anna, vaan jäsenmaiden tulee itse määritellä kansallinen direktiivi. Tämä johtuu muun muassa kansallisista rakentamiskäytännöistä sekä paikallisesta ilmastosta. (7, s. 8.)

Kuvassa 5 on esitetty lähes nollaenergiarakennuksen energiavirrat ja taserajat. FlnZEB-hankkeessa on ehdotus, että rakennuksessa tuotetun energian ulosmyynnin tulisi olla mahdollista. Tällä halutaan antaa mahdollisuus uusiutuvan energian tuotannon

lisäämiselle markkinalähtöisesti. Samalla estetään rakennuksen huonon energiatehokkuuden kompensointi ylisuurella uusiutuvalla tuotannolla. (8, s. 31–32.)



KUVA 5 Lähes nollaenergiarakennuksen energiavirrat ja taserajat (8, s. 31)

4 ENERGIATEHOKKAIDEN RATKAISUJEN VAIKUTUS YLLÄPITOON

4.1 Kiinteistön lämmitys ja käyttövesi

Rakennusten lämmitys on iso osa rakennusten energiankulutusta. Energiankulutusta pyritään vähentämään monin tavoin, kuten paremmilla eristeillä putkissa ja rakenteissa sekä automaation avulla. Uuden energiatehokkuutta koskevan asetuksen mukaan uuden rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä kaukolämpöä, maalämpöä tai ilmavesilämpöpumppua. Nämä ehdot täyttyvät muun muassa hybridilämmityksessä, josta kerrotaan kohdassa 4.1.4. (2, s. 15.)

Käyttöveden kulutusta on pyritty hillitsemään julkisissa kiinteistöissä muun muassa ajastimilla ja tunnistimilla suihkuissa ja hanoissa. Lisätty elektroniikka tuo laitteille lisää hintaa, mutta ei juurikaan vaikuta ylläpidollisesti eri lailla vastaavaan laitteeseen verrattuna, muutoin kuin pariston vaihtamisella.

4.1.1 Pumput

Kiertovesipumppu ei itsessään vaadi säännöllistä huoltoa. Pumpun moottorin laakerit ovat kestovoideltuja ja kestävät jatkuvassakin käytössä useita vuosia. Kuluva osa pumpussa on akselitiiviste, joka tulee vaihtaa, mikäli se alkaa vuotamaan (9, s. 3). Kuvassa 6 on Kolmeks valmistama AE-kiertovesipumppu SC-taajuusmuuttajalla.



KUVA 6 Kolmeks AE-pumppu SC-taajuusmuuttajalla (10)

4.1.2 Taajuusmuuttajat ja lämmönsäätimet

Taajuusmuuttajat ovat yleinen keino ohjata pumppujen ja puhaltimien toimintaa energiatehokkaampaan suuntaan. Taajuusmuuttajat eivät kuitenkaan tarvitse juurikaan huoltoa. Esimerkiksi Danfossin VLT® HVAC Drive toimii keskimääräisen käyttöajan mukaan jopa 10 vuotta ilman huoltoja. Näin taajuusmuuttajan elinkaarikustannukset koostuvat lähinnä energiankulutuksesta sekä tuotteen hankinnasta ja asentamisesta. (11, s. 4.)

Hyvällä ja oikein optimoidulla automaatiolla saadaan hillittyä energiankulutusta merkittävästi. Meno- ja paluuveden säädöllä saadaan oikea veden lämpötila eri ulkoilman lämpötiloissa. Säätimen avulla mahdollistetaan lisäksi muun muassa pumpun toiminnan ohjaus, mikä vähentää pumpun energiankulutusta. Kuvassa 7 on Ouman EH-203 -lämmönsäädin, jota käytetään omakotitalon lämmön säätämiseen.



KUVA 7 Ouman EH-203 -lämmönsäädin (12)

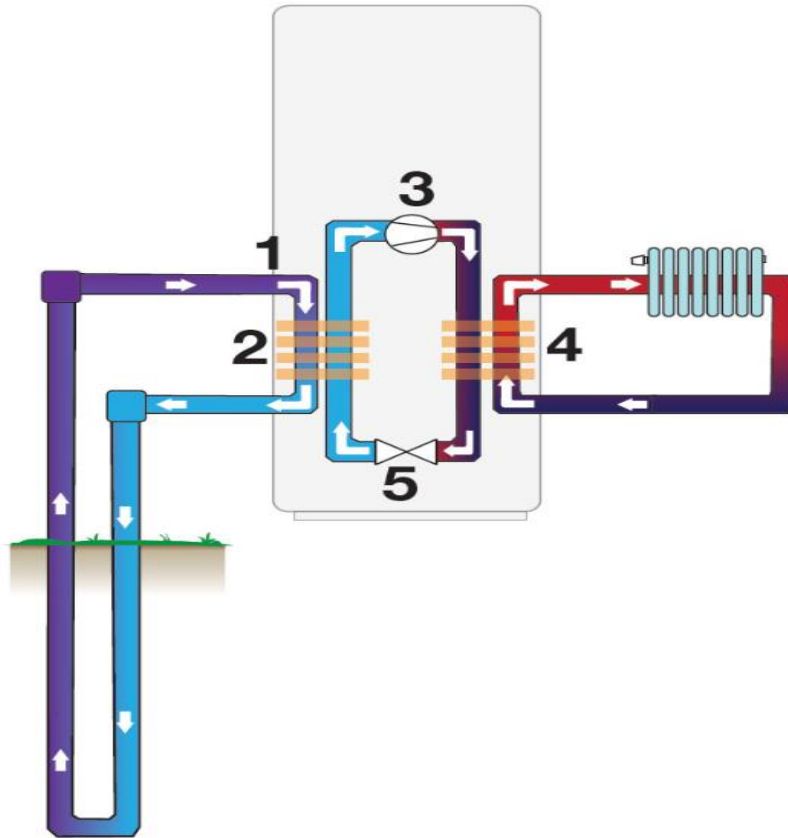
4.1.3 Lämpöpumput

Lämpöpumput ovat yleistyneet erityisesti omakotitaloissa mutta myös taloyhtiöissä viime aikoina. Lämpöpumpuilla saavutetaankin merkittäviä taloudellisia säästöjä monenlaisissa

kiinteistöissä. Energiakustannusten vähenemisen lisäksi lämpöpumppu voi kasvattaa kiinteistön jälleenmyyntiarvoa. (13.)

Ylläpitoa lämpöpumpuissa aiheuttavat pumppu ja sen suodattimet, jotka keräävät sisälleen epäpuhtauksia ja pölyä. Ilmalämpöpumppu kannattaa huollattaa noin kahden vuoden välein, jotta ilmalämpöpumpun hyötysuhde pysyisi hyvänä ja käyttöikä pitenisi. Esimerkiksi Innoair Oy tekee ilmalämpöpumppuhuoltoja, johon kuuluu muun muassa kompressorin, lauhduttimen ja höyrystimen toimintojen tarkistaminen ja puhdistaminen. Huolto maksaa noin 200 euroa. (14; 15.)

Kuvassa 8 on esitetty lämpöpumpun toimintaperiaate. 1. vaiheessa neste kiertää keräysputkistossa keräten lämpöenergiaa, tässä tapauksessa maaperästä. Seuraavassa vaiheessa lämmönkeruuneste kohtaa höyrystimessä kylmäaineen, jonka lämpötila nousee. 3. vaiheessa kompressorin puristaa höyrystyneen kaasun, jolloin sen paine nousee ja kaasu lämpenee. Syntynyt lämpö johdetaan lauhduttimen (4. vaihe) kautta lämmitysjärjestelmään, jolloin kylmäaineen lämpötila laskee ja se muuttuu nesteeksi. Lopuksi kylmäaineen paine laskee paisuntaventtiilissä, jolloin sen lämpötila laskee ja prosessi alkaa alusta. (16.)

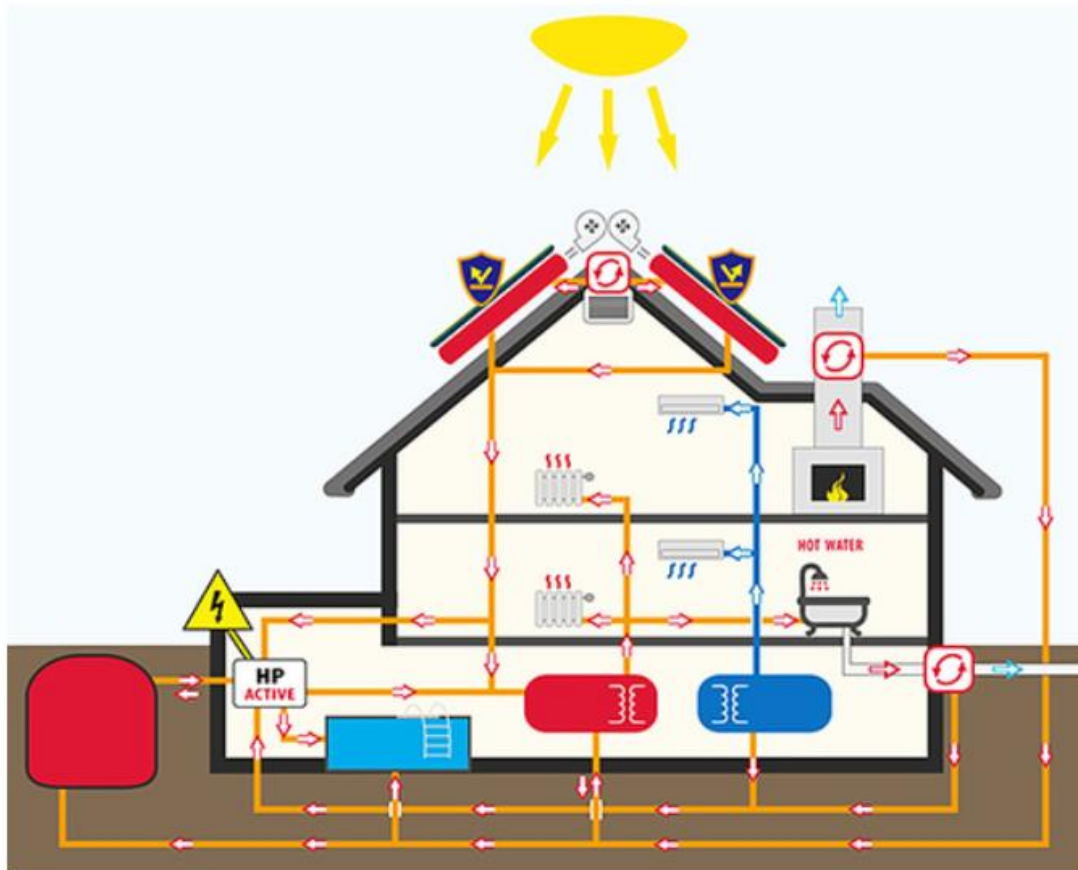


KUVA 8 Lämpöpumpun toiminta (16)

4.1.4 Hybridilämmitys

Hybridilämmitys on kahden tai useamman lämmitysmuodon yhteis- tai vuorottelukäyttöä. Hybridijärjestelmän vahvuutena on kuitenkin lämmöntuottotavan valinta edullisimman energianlähteen mukaan. Kesällä käyttövedtä lämmitetään esimerkiksi auringon avulla, syksyllä ja keväällä voidaan käyttää ilmalämpöpumppuja ja talvella lämmitetään maalämmön avulla. (17.)

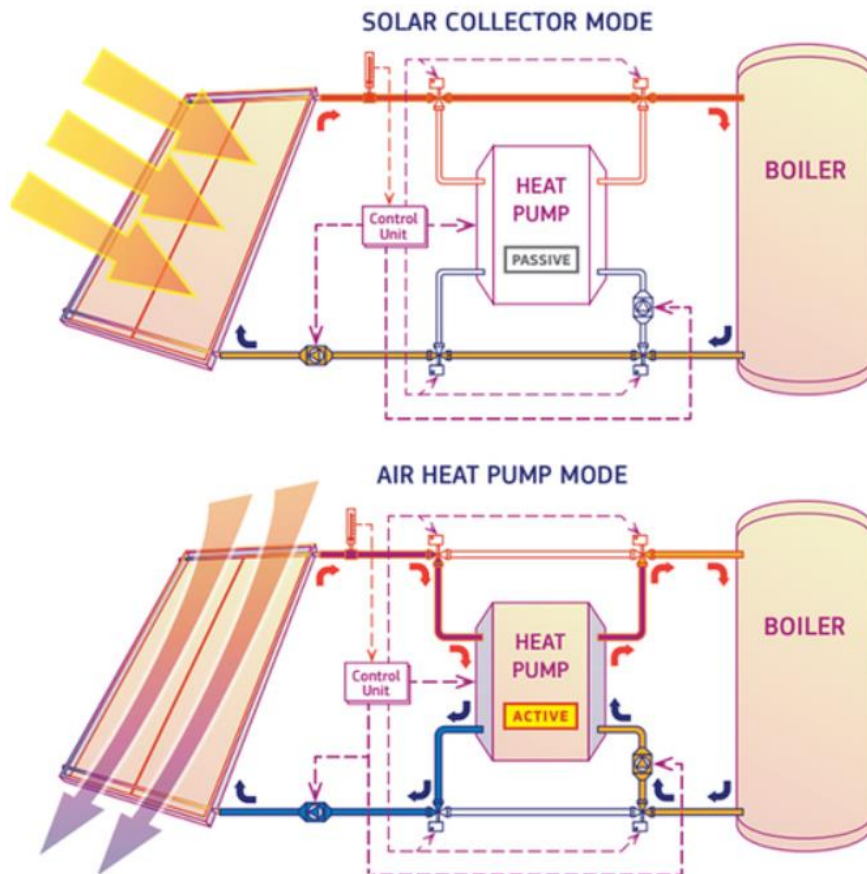
Kuvassa 9 on esimerkki kuvitteellisesta hybridilämmitysjärjestelmästä. Kuvassa vasemmalla maan alla on lämpöakku, joka kerää hukkalämpöä takasta tulevasta savukaasusta. Jätevedestä saatu hukkalämpö kierrätetään saman lämpöpumpun kautta kuin lämpöakusta saatu lämpö. Poistoilmasta ja jätevedestä hukkalämpö saadaan talteen esimerkiksi hukkalämpörekuperaattorilla (18). Katolla olevia aurinkokeräimiä käytetään muun muassa käyttöveden lämmittämiseen.



KUVA 9 Esimerkki hybridijärjestelmän toiminnasta (19)

Hybridilämmityksessä on useita komponentteja, joten ylläpidollisesti siinä on enemmän huollettavaa kuin esimerkiksi pelkässä maalämpöjärjestelmässä. Ylimääräisiä huoltotoimenpiteitä kuvassa 9 olevassa hybridijärjestelmässä aiheuttavat esimerkiksi normaaliin maalämpöjärjestelmään verrattuna muun muassa aurinkokeräimet ja hukkalämpörekuperaattorit. Aurinkokeräimet likaantuvat, ja ne on pidettävä puhtaana lämmöntuoton vuoksi. Ylimääräiset pumput tuovat lisää huollettavaa järjestelmään.

Kuvassa 10 on esitetty aurinko-ilmalämpökeräimen toiminta käyttöveden lämmityksessä. Ylemmässä kuvassa on esitetty järjestelmän toiminta, kun vesi lämmitetään auringon avulla. Jos keräin on tarpeeksi alhaalla, systeemin pumppu on passiivisena ja järjestelmä toimii painovoimaisena. Tällöin energiankulutus pienenee entisestään. Alemmassa kuvassa systeemi toimii ilmalämpöpumpun tavoin. Ilmasta saatu lämpöenergia kierrätetään pumpun kautta käyttöveteen. Systeemin toimintaa ohjaa ohjausyksikkö.



Kuva 10 Aurinko- ilmalämpökeräimen käyttö käyttöveden lämmityksessä (20)

4.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokone on käynnissä vuorokauden ympäri. Tämä tarkoittaa paljon käyttötunteja sekä suurta energiankulutusta. Näin ollen on tärkeä valita sellainen ilmanvaihtokone, jonka ominaissähköteho eli SFP-luku olisi mahdollisimman pieni. SFP-luku kertoo, kuinka paljon sähköä puhaltimet tarvitsevat ilman siirtämiseen ja se lasketaan kaavan 2 avulla.

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto}}{q_{max}}$$

KAAVA 2

SFP = ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (kW/(m³/s))

P_{tulo} = tuloilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä (kW)

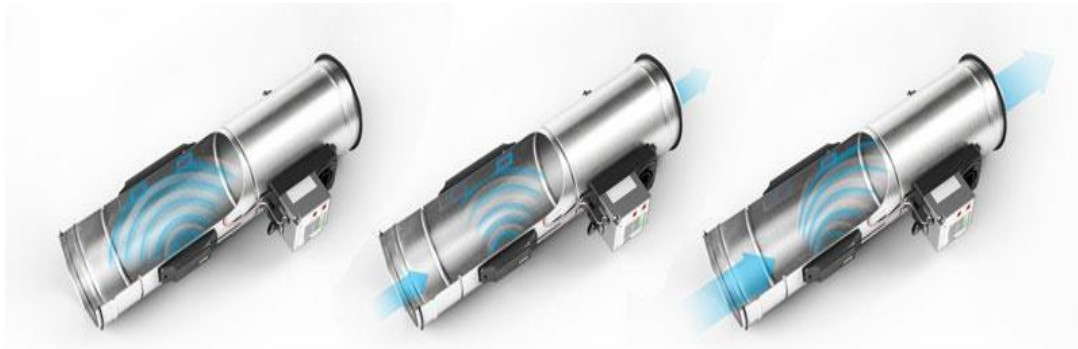
P_{poisto} = poistoilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä (kW)

q_{max} = mitoittava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta (m³/s).

4.2.1 Ilmanvaihdon säätö ja ohjaus

Ilmavirtojen tarpeenmukaisella ohjauksella pienennetään turhan ilmanvaihdon tuomaa energiahukkaa. Ilmanvaihdon ohjauksen tarpeen mittaamiseen käytetään muun muassa VOC-, hiilidioksidi-, lämpötila- ja kosteusmittareita.

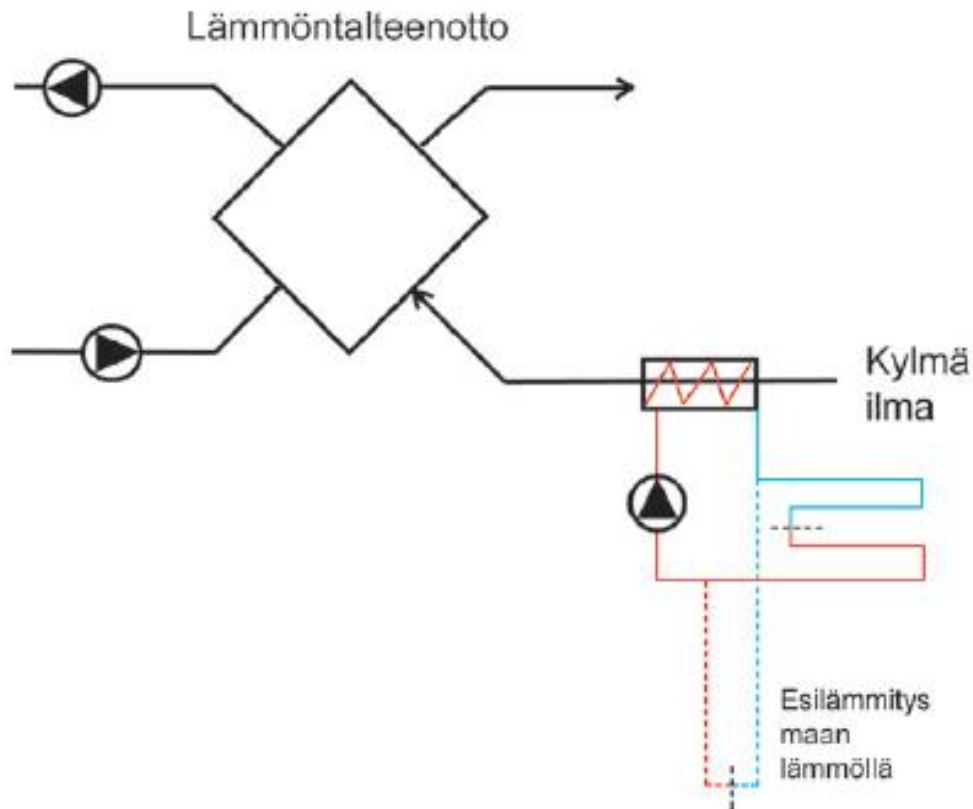
Kuvassa 11 on Fläkt Woodsin kehittämä Optivent® Ultra -ilmamääräsäädin, joka mittaa ilmaa ultraäänen avulla. Ultraäänimittauksen suuri etu on se, että ylimääräisiä säätö- tai mittalaitteita ei tarvita. Fläkt Woodsin Optivent® Ultra on huoltovapaa ja toimii litiumparistolla tai 24 VAC/DC jännitteellä. Näin se ei vaadi ylläpidollisia toimenpiteitä. (22.)



KUVA 11 Optivent® Ultra -ultraääni-ilmamääräsäädin (22)

4.2.2 Ilman lämmitys ja lämmöntalteenotto

Yleensä asunto- ja kotikohtaisissa ilmanvaihtokoneissa ulkoilman lämmitys tapahtuu sähköllä. Energiatehokkaampi tapa lämmittää ilmaa on esimerkiksi maalämpö. Kesällä voidaan käyttää hyväksi maan viileyttä. Tällöin voidaan käyttää samaa systeemiä ilman jäähdyttämiseen. Kuvassa 12 on esimerkki raitisilman esilämmittämisestä maalämmön avulla. Ylläpidollisesti lisäkustannuksia ei juuri tule, koska maalämpö on tässä tapauksessa myös rakennuksen lämmönlähteenä.



KUVA 12 Ilman esilämmitys maalämmöllä (7, s. 14)

Lämmöntalteenotto on energiansäästön kannalta ehdottoman tärkeää. Jos uusi rakennus kuuluu käyttötarkoitukseluokkaan 1 tai 2, tulee poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen olla vähintään 65 %. Kyseisiin luokkiin kuuluvat pienet asuinrakennukset sekä asuinkerrostalot. Lisäksi rakennuksen tulee olla varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä, jonka ominaissähköteho on enintään $1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. (2, s. 15.)

Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto ei oikein toimiessaan vaadi juurikaan ylläpidon kannalta erikoisia toimenpiteitä. Talteenotto on hyvä puhdistaa ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihdon yhteydessä.

4.3 Sähkö

Sähkön tuotantoon voi ulkopuolisen sähköntuottajan lisäksi käyttää omia aurinkopaneeleita. Kuvassa 13 on esimerkkiasennus aurinkopaneeleista pientalossa.

Kuvassa on myös merkintä energian ulosmyynnin mahdollisuudelle, josta kerrotaan kohdassa 3.3. Aurinkopaneelien ylläpidosta on kerrottu kohdassa 4.1.4.



KUVA 13 Aurinkopaneelien esimerkkiasennus omakotitaloon (23)

5 ESIMERKKEJÄ ENERGIASANEERAUKSISTA

5.1 Långvik kokous- ja kylpylähotelli

Långvik on alun perin rakennettu Kansallis-Osake-Pankin henkilöstön koulutuskäyttöön sekä edustustilaksi vuonna 1976. Nykyisin kiinteistö (kuvassa 14) toimii kokous- ja kylpylähotellina. Kokonaisuuden pinta-ala on 15 400 m². (24.)



KUVA 14 Långvik kokous- ja kylpylähotelli (25)

Energiasaneerausprojekti toteutetaan useammassa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa uudistetaan muun muassa kiinteistöautomaatiojärjestelmä ja jäähdytys. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta parannetaan lämpöpumppujen avulla sekä ilmanvaihdon ohjaus uudistetaan. Ensimmäisen vaiheen toimenpiteiden avulla saavutetaan arvioiden mukaan noin miljoonan euron elinkaarisäästöt. Energian hintakehityksestä riippuen investointien tuoton ennustetaan nousevan jopa 32 prosenttiin. Lämmönkulutuksen arvioidaan vähenevä jopa 1000 MWh. (24.)

Kiinteistö lämmitetään nykyään aluelämpölaitoksella, jonka polttoaineena on polttoöljy. Tulevaksi lämmitysjärjestelmäksi keskeiset vaihtoehdot ovat kaasua tai pellettejä käyttävä polttolaitos tai lämpöpumpputekniikka. (24.)

5.2 Meilahden tornisairaala

Meilahden tornisairaala (kuvassa 15) on Helsingissä sijaitseva sairaala. Kolmiosainen pääsairaala, johon myös potilastorni kuuluu, valmistui vuonna 1965. Tornisairaalaan tehtiin energiasaneeraus vuosina 2011-2014. Peruskorjauksen valmistuttua lämmitysenergian ominaiskulutuksen arvioidaan pienenevän noin 25 prosentilla ja sähköenergian ominaiskulutuksen noin viidellä prosentilla. (26.)



KUVA 15 Meilahden tornisairaala (27)

Sairaalan energiatehokkuutta on parannettu muun muassa energiavirtojen kierrätyksellä ja talteenotolla, aurinkolämpöä hyödyntämällä sekä maakyilmäjärjestelmien energiantuotolla. Talvella lämpö saadaan maalämpökentästä sekä lämmöntalteenotosta, tarvittaessa lisälämpö saadaan kaukolämmöstä. Keskeisessä roolissa energiatehokkuuden parantamisessa ovat lisäksi nykyaikaistettu kiinteistöautomaatio sekä tarpeen mukainen ohjaus esimerkiksi valaistuksessa. (26.)

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia erilaisia energiatehokkaita suunnitteluratkaisuja ja niiden vaikutusta rakennusten ylläpitoon. Selvitettäviä asioita olivat uudistuneet energiamääräykset, nollaenergiarakentaminen ja kiinteistöautomaatio. Työn tilaajana toimi Granlund Rovaniemi Oy.

Rakennusten energiatehokkuuteen liittyvät määräykset ja asetukset ovat uudistuneet vuoden vaihteessa. Tiukentuneet määräykset vievät rakentamista koko ajan energiatehokkaampaan suuntaan. Rakentaminen on menossa kohti nollaenergiarakentamista. Vuonna 2021 kaikki rakentaminen EU-maissa on lähes nollaenergiarakentamista. Nollaenergiarakentaminen tulee mahdollistamaan myös rakennuksissa tuotetun energian ulosmyynnin.

Energiankäytön tehostaminen on rahallisesti kannattavaa. Sen tuomat säästöt ovat huomattavasti suuremmat kuin summa, joka kuluisi energiatehokkaiden suunnitteluratkaisujen ylläpitämiseen. Työssä käytiin läpi myös kaksi energiasaneerauksessa olevaa kohdetta. Arvioiden mukaan säästöt energiankulutuksessa ovat molemmissa kohteissa mittavat.

LÄHTEET

1. Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. 2012. Perusteet ja opas. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi_sfs-en_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf. Hakupäivä 23.1.2018.
2. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. Suomen säädöskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BFD99E48D-F28B-452E-8175-29EA77ABD4CA%7D/133872>. Hakupäivä 1.5.2018.
3. Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. 2017. Suomen säädöskokoelma. Helsinki: Oikeusministeriö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788#Pidp451440096>. Hakupäivä 1.5.2018.
4. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 1.5.2018.
5. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/43242/YMa%202_17%2012.5.2017%20fi%20signed.pdf. Hakupäivä 1.5.2018.
6. Airaksinen, Miimu. 2017. Rakennusten energiatehokkuus 2.0. VTT. Saatavissa: https://asiakas.kotisivukone.com/files/finvac.kotisivukone.com/tiedostot/RES17_13_Tuomaala_Pekka.pdf. Hakupäivä 19.5.2018.

7. Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. 2013. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja 2/2013. Lahti: Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Saatavissa: <http://www.ara.fi/download/noname/%7BE7FE1AD9-4529-4CC5-8063-8D7D078C15E8%7D/24217>. Hakupäivä 23.1.2018.
8. Lähes nollaenergiarakennuksen käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla. 2015. Loppuraportti. Hankkeen sisältö ja tulokset. Helsinki: Granlund Oy. Saatavissa: http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvi-talotekniikka/files/file_attachments/FInZEB_loppuraportti.pdf. Hakupäivä 24.1.2018.
9. Kiertovesipumput. Käyttöohjeet. 2016. Kolmeks. Saatavissa: <http://www.kolmeks.fi/Download/21779/Kolmeks%20AE-pumput%20k%c3%a4ytt%c3%b6hje%20Rev%200.pdf>. Hakupäivä 13.5.2018.
10. Lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien pumput. Kolmeks. Saatavissa: <http://www.kolmeks.fi/tuotteet/pumput-ja-paineenkorotusasemat/lammitys-jaahdytys-ja-ilmanvaihtojarjestelmat>. Hakupäivä 3.5.2018.
11. Valintaopas. VLT® HVAC Drive FC 102. 2018. Danfoss. Saatavissa: <http://danfoss.ipapercms.dk/Drives/DD/Global/SalesPromotion/Brochures/ProductBrochures/FI/VLTHVACSG/?page=1>. Hakupäivä 13.5.2018.
12. Ouman yksikkösäätimet. Ouman. Saatavissa: <http://ouman.fi/palvelut/rakennusautomaatio/yksikkosaatimet/>. Hakupäivä 3.5.2018.
13. Lämpöpumput. 2018. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput. Hakupäivä 15.5.2018.
14. Ilmalämpöpumpun huolto. Innoair Oy. Saatavissa: <https://www.innoair.fi/ilmalampopumpun-huolto>. Hakupäivä 15.5.2018.
15. Ilmalämpöpumpun huolto. Hankintaturvaliike. Saatavissa: <https://www.hankintaturvaliike.fi/ilmalampopumpun-huolto>. Hakupäivä 18.5.2018.

16. Lämpöpumpun toimintaperiaate – tutustu! 2014. Suomela Saatavissa: <https://www.suomela.fi/lampopumpun-toimintaperiaate-tutustu/>. Hakupäivä 10.5.2018.
17. Peruskonsepti. Polarsol Oy. Saatavissa: <http://www.polarsol.com/technology/peruskonsepti.html>. Hakupäivä 12.5.2018.
18. Hukkalämmön talteenottaja. Polarsol Oy. Saatavissa: <http://www.polarsol.com/technology/komponentit-rekuperattori.html>. Hakupäivä 18.5.2018.
19. Hybridilämmitys. 2017. Energiatehokas koti. Saatavissa: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/hybridilammitys. Hakupäivä 12.5.2018.
20. Aurinko-ilmalämpökeräin. Polarsol Oy. Saatavissa: <http://www.polarsol.com/technology/komponentit-aurinkoilmalampokerain.html>. Hakupäivä 18.5.2018.
21. Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaamiseen. 2009. LVI-talotekniikkateollisuus ry. Saatavissa: http://ilmansuodatin.com/data/sfpopas3_060709.pdf. Hakupäivä 20.5.2018.
22. Optivent® Ultra nostaa älykkään ilmanvaihdon uudelle tasolle. 2017. Fläkt Woods Oy. Saatavissa: <http://www.flaktwoods.fi/tietoa-meista/media/uutisia/optivent-ultra/>. Hakupäivä 3.5.2018.
23. Aurinkopaneelit omakotitaloon. Areva Solar Oy. Saatavissa: <https://www.arevasolar.fi/fi/aurinkopaneelit-omakotitaloon>. Hakupäivä 7.5.2018.
24. Långvik käynnistää energiasaneerauksen ja irtautuu öljylämmityksestä. 2017. LeaseGreen. Saatavissa: <https://leasegreen.fi/uutisetlangvik/>. Hakupäivä 8.5.2018.
25. Långvik Congress Wellness Hotel. Hotels.com. Saatavissa: <https://fi.hotels.com/ho463468/langvik-congress-wellness-hotel-kirkkonummi-suomi/>. Hakupäivä 8.5.2018.

26.HUS / Meilahden tornisairaala. 2004. Referenssit. Granlund Oy. Saatavissa: <http://www.granlund.fi/referenssit/projektit/meilahden-potilastorni/>. Hakupäivä 29.5.2018.

27.Meilahden tornisairaalan peruskorjaus. HUS. Saatavissa: <http://www.hus.fi/hus-tietoa/rakennushankkeet/meilahden-tornisairaalan-peruskorjaus/Sivut/default.aspx>. Hakupäivä 29.5.2018.

ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite:

Ympäristöministeriön energiatodistusoppaan 2013 esimerkki
2006 rakennettu toimistorakennus

Rakennustunnus:

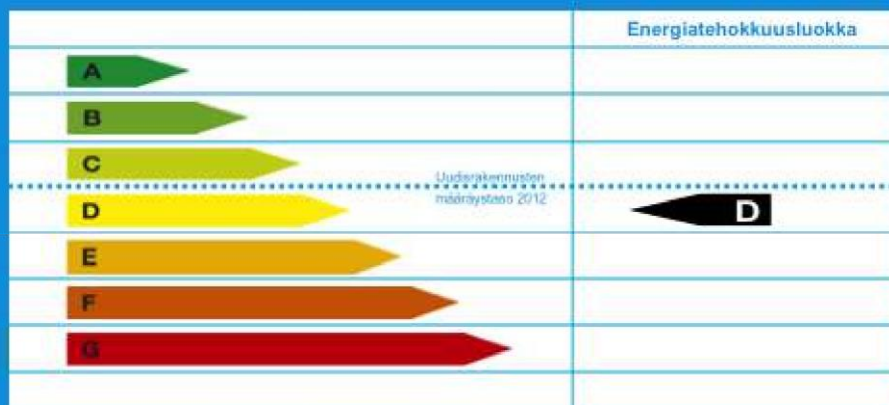
Rakennuksen valmistumisvuosi:

2006

Rakennuksen käyttötarkoituusluokka:

Toimistorakennukset

Todistustunnus:



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E-luku)

190
kWh_e / (m² vuosi)

Todistuksen laatija:

Eero Energiatodistuksenlaatija

Yritys:

Yritys oy

Allekirjoitus:

Eero Energiatodistuksenlaatija

Todistuksen laatimispäivä:

12.8.13

Viimeinen voimassaolopäivä:

12.8.23

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIA TEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoennergiankulutus

Lämmitetty nettoala 3350 m²
 Lämmitysjärjestelmän kuvaus Vesiradiaattorit 70/40 °C, eristämättömät jakojohdot
 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus Koneellinen tulo/poisto ilmanvaihto lämmöntalteenotolla, lisäksi erillispoistojärjestelmä

| Käytettävä energiamuoto | Laskettu ostoennergia | | Energiamuodon kerroin | Energiamuodon kertoimella painotettu energia |
|--|-----------------------|----------------------------|-----------------------|--|
| | kWh/vuosi | kWh/(m ² vuosi) | | kWh _E /(m ² vuosi) |
| sähkö | 214 094 | 63,9 | 1,7 | 108,6 |
| kaukolämpö | 384 784 | 114,9 | 0,7 | 80,4 |
| Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö | 149 874 | 44,7 | | |
| Kokonaisenergiankulutus (E-luku) | | | | 190 |

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluaasteikko
 Luokkien rajat asteikolla

Toimistorakennukset

| | | |
|--|----------------|----------------|
| A: ... 80 | B: 81 ... 120 | C: 121 ... 170 |
| D: 171 ... 200 | E: 201 ... 240 | F: 241 ... 300 |
| G: 301 ... | | |
| Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka | | |
| D | | |

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, suelanpitoilmmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

ENERGIA TEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Vuonna 2006 rakennettu toimistorakennus on pääosin hyvässä kunnossa. Tällä hetkellä energiatehokkuutta voidaan parantaa tiivistämällä eteläjulkisivulasituksen saumausta, joka on todettu puutteelliseksi. Korjauksesta tulee tehdä erillissuunnitelma.

Myöhemmin, kun ilmanvaihtojärjestelmän saneeraus tulee ajankohtaiseksi ehdotetaan erillispoistojärjestelmän korvaamista tulo/poisto ilmanvaihtokoneella, jonka yhteyteen asennetaan lämmöntalteenotto.

Suositukset on esitelty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka

Toimistorakennukset

Rakennuksen valmistumisvuosi

2006

Lämmitetty nettoala

3 350

m²

Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q₁₀

10,8

m³/(h m²)

| | A m ² | U W/(m ² K) | U × A W/K | Osuus lämpöhäviöstä % |
|--------------|---------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|
| Ulkoseinät | 1 310,0 | 0,25 | 327,5 | 20% |
| Yläpohja | 812,0 | 0,16 | 129,9 | 8% |
| Alapohja | 812,0 | 0,25 | 203,0 | 12% |
| Ikkunat | 620,0 | 1,28 | 796,0 | 48% |
| Ulko-ovet | 40,0 | 1,40 | 56,0 | 3% |
| Kylmäsiillat | - | - | 151,2 | 9% |

Ikkunat ilmansuunnittain

| | A m ² | U W/(m ² K) | g _{vahttuura} -arvo | |
|-----------|---------------------|---------------------------|------------------------------|--|
| Pohjoinen | 200,0 | 1,28 | 0,70 | |
| Koillinen | - | - | - | |
| Itä | 30,0 | 1,28 | 0,70 | |
| Kaakko | - | - | - | |
| Etelä | 360,0 | 1,28 | 0,42 | |
| Lounas | - | - | - | |
| Länsi | 30,0 | 1,28 | 0,70 | |
| Luode | - | - | - | |

Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:

Koneellinen tulo/poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla, lisäksi erillispoistojärjestelmä

| | Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s) | Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s) | LTO:n lämpötilasuhde | Jäätymisenesto °C |
|------------------------|---|--|-------------------------|----------------------|
| Pääilmanvaihtokoneet | 6,7 / 6,7 | 2,3 | 65% | 0,0 |
| Erillispoistot | 0,81 | 1,5 | - | - |
| Ilmanvaihtojärjestelmä | 6,7 / 6,7 | 2,2 | - | - |

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:

50%

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus:

Vesiradiaattorit 70/40 °C, eristämättömät jakojohdot

| | Tuoton hyötysuhde | Jaan ja luovutuksen hyötysuhde | Lämpökerroin ¹ | Apulaitteiden sähkönkäyttö ² kWh/(m ² vuosi) |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Tilojen ja iv:n lämmitys | 97 % | 80% | - | 2,0 |
| Lämpimän käyttöveden valmistus | 97% | 82% | - | 0,0 |

¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle

² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

| | Määrä kpl | Tuotto kWh |
|------------------|--------------|---------------|
| Varaava tulisija | 0 | 0 |
| Ilmalämpöpumppu | 0 | 0 |

Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin

| | |
|----------------------|-----|
| | - |
| Jäähdytysjärjestelmä | 3,0 |

Lämmin käyttövesi

| | Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi) | Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi) |
|-------------------|---|---|
| Lämmin käyttövesi | 103,3 | 6,0 |

Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

| | Käyttöaste | Henkilöt W/m ² | Kuluttajalaitteet W/m ² | Valaistus W/m ² |
|-------------------|------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Ihmiset | 65% | 5,0 | | |
| Kuluttajalaitteet | 65% | | 12,0 | |
| Valaistus | 65% | | | 12,0 |

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka

Toimistorakennukset

Rakennuksen valmistumisvuosi

2006

Lämmitetty nettoala, m²

3350

E-luku, kWh_E / (m² vuosi)

190

E-luvun erittely

| Käytettävät energiamuodot | Laskettu ostoenergia kWh/vuosi | Energiamuodon kerroin | Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus | |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|--|--|
| | | - | kWh _E /vuosi | kWh _E /(m ² vuosi) |
| sähkö | 214 094 | 1,7 | 363959 | 108,6 |
| kaukolämpö | 384 784 | 0,7 | 269349 | 80,4 |
| YHTEENSÄ | 598 877 | | 633 308 | 190 |

Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

| | | |
|--|-----------|----------------------------|
| | kWh/vuosi | kWh/(m ² vuosi) |
| lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia | 0 | 0,0 |
| aurinkolämpö | 0 | 0,0 |
| aurinkosähkö | 0 | 0,0 |
| tuulisähkö | 0 | 0,0 |

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

| | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------------|---|
| | Sähkö kWh/(m ² vuosi) | Lämpö kWh/(m ² vuosi) | Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi) |
| Lämmitysjärjestelmä | | | |
| Tilojen lämmitys ¹ | 2,0 | 63,5 | - |
| Tuloilman lämmitys | 0,0 | 40,6 | - |
| Lämpimän käyttöveden valmistus | 0,0 | 7,3 | |
| Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus | 16,7 | - | - |
| Jäähdytysjärjestelmä | 0,4 | | |
| Kuluttajalaitteet ja valaistus | 44,7 | - | - |
| YHTEENSÄ | 63,8 | 111,4 | 0,0 |

¹ ilmanvaihtojen tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

| | | |
|--------------------------------------|-----------|----------------------------|
| | kWh/vuosi | kWh/(m ² vuosi) |
| Tilojen lämmitys ² | 170 123 | 50,8 |
| Ilmanvaihtojen lämmitys ³ | 136 075 | 40,6 |
| Lämpimän käyttöveden valmistus | 20 100 | 6,0 |
| Jäähdytys | 2 918 | 0,9 |

² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

| | | |
|--|-----------|----------------------------|
| | kWh/vuosi | kWh/(m ² vuosi) |
| Aurinko | 74 812 | 22,3 |
| Henkilöt | 31 224 | 9,3 |
| Kuluttajalaitteet | 74 937 | 22,4 |
| Valaistus | 74 937 | 22,4 |
| Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä | 0 | 0,0 |

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

Laskentatyökalun nimi ja versionumero

D5 (2012), Excel-toteutus

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 3350 m²

Ostettu energia

Kaukolämpö
Kokonaissähkö
 Kiinteistösähkö
 Käyttäjäsähkö
Kaukojäähdytys

kWh/vuosi

342 100
253 600

kWh/(m² vuosi)

102,1
75,7

Ostetut polttoaineet¹

polttoaineen
määrä
vuodessa

yksikkö

muunnos-
kerroin kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m² vuosi)

Kevyt polttoöljy
Piikkeet (havu- ja sekapuu)
Piikkeet (koivu)
Puupelletit

litra
pino-m³
pino-m³
kg

10
1300
1700
4,7

¹ Selostus ostettujen polttoainelajien määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä
Kaukolämpö yhteensä
Polttoaineet yhteensä
Kaukojäähdytys

YHTEENSÄ

kWh/vuosi

253 600
342 100

kWh/(m² vuosi)

75,7
102,1

595 700

178

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Rakennuksen eteläjulkisivun julkisivulaistuksen tiiviydessä on havaittu puutteita. Toimenpiteenä suositellaan lasituksen saumojen tiivistämistä ja korjausta tehtävän erillissuunnitelman mukaisesti. Tiivistyksen jälkeen suositellaan tehtäväksi vaipan ilmanpitävyysmittaus. Ilmanpitävyydessä on korjauksen jälkeen arvioitu päästävän q_{∞} lukuun $4,0 \text{ m}^3/(\text{h vaippa m}^2)$.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

| | | | | |
|---|--|-----------------------------|---------------------------------|--|
| 1 | Eteläjulkisivun julkisivulasituksen tiiviyden korjaus tehtävän erillissuunnitelman mukaisesti. | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| | Lämpö, ostoennergian säästö | Sähkö, ostoennergian säästö | Jäähdytys, ostoennergian säästö | E-luvun muutos |
| | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh _E /(m ² vuosi) |
| 1 | 63 204 | -1 785 | | -13 |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Huomiot ylä- ja alapohja

Ylä- ja alapohjan osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

| | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| | Lämpö, ostoennergian säästö | Sähkö, ostoennergian säästö | Jäähdytys, ostoennergian säästö | E-luvun muutos |
| | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh _E /(m ² vuosi) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmien osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

| | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| | Lämpö, ostoennergian säästö | Sähkö, ostoennergian säästö | Jäähdytys, ostoennergian säästö | E-luvun muutos |
| | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh _E /(m ² vuosi) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Rakennuksen pääilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto, mutta erillispoistojärjestelmä on ilman lämmöntalteenottoa. Myöhemmin, kun ilmanvaihtojärjestelmän saneeraus tulee ajankohtaiseksi ehdotetaan erillispoistojärjestelmän korvaamista tulo/poisto ilmanvaihtokoneella, jonka yhteyteen asennetaan lämmöntalteenotto.

Ilmastointijärjestelmät ovat hyvässä kunnossa. Ilmanvaihdon ja ilmastointijärjestelmän osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

| 1 | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| | Lämpö, ostoenergian säästö | Sähkö, ostoenergian säästö | Jäähdytys, ostoenergian säästö | E-luvun muutos |
| | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh _E /(m ² vuosi) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Tällä hetkellä ei ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

| 1 | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| | Lämpö, ostoenergian säästö | Sähkö, ostoenergian säästö | Jäähdytys, ostoenergian säästö | E-luvun muutos |
| | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh/vuosi | kWh _E /(m ² vuosi) |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

Erillispoistojärjestelmän täyden ilmavirran käyntiaikaa olisi hyvä tarkistaa rakennuksen todellista käyttöä paremmin vastaavaksi. Sama koskee pääilmanvaihtokoneen käyntiaikoja.

Lisätietoja energiatehokkuudesta

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi

LISÄMERKINTÖJÄ

| | | | | | |
|--|---|------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|
| Rakennuskohde | YM energiatodistussoppaan 2013 esimerkki... | | | 2006 rakennettu toimisto | |
| Rakennustalutus | | | | | |
| Rakennustyyppi | Olemassa oleva toimisto | | | | |
| Pääsuunnittelija | | | | | |
| Laskelman tekijä | Eero Energiatodistuksenlaite | | | | |
| Päiväys | 12.08.2013 | | | | |
| | | | | | |
| Aputaulukko, jolla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskentaa varten | | | | | |
| ilmavaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosiyhötysuhde (η_{la}, η_{kone}) | | | | | |
| eri säävyöhykkeillä. | | | | | |
| | | | Mitoitus- tuuloilmavirta | Mitoitus- poistoilmavirta | Käyttö- ilmavirta |
| | | | m³/s | m³/s | kerroin |
| Kone | Palvelualue | Käyttötapa | | | |
| Toimisto IV-kone | Toimistotilat | Jatkuva | 5,55 | 5,22 | 1 |
| | | | | | |
| Tuuloilman lämpötilasuhde yhtäsuurilla ilmavirroilla | | | 0,65 | SFS-EN 308:n mukaan | |
| Tuuloilman lämpötilasuhde | | | 0,63 | | |
| Poistoilman lämpötilasuhde | | | 0,67 | | |
| Tuuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan LTO:ssa | | | 1,06 | | |
| Huonelämpötila | | | 21,0 °C | | |
| Jäteilin minimilämpötila jäätymissuojauksessa | | | 0,0 °C | | |
| | | | | | |
| Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhde (η_{la}, η_{kone}) | | | | | |
| Säävyöhyke | | | | | |
| I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi | | | 66 % | 100 % | |
| III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi | | | 65 % | 99 % | |
| IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi | | | 62 % | 94 % | |
| © Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2012 (versio marraskuu 2011) | | | | | |

Erillispoistojärjestelmässä ei ole lämmöntalteenottoa, joten sen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 0 %. Koko rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi (E-lukulaskentaan) saatiin 49,7 %.

| | | |
|--|----------------------|---|
| Keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosiyhteyshuoneet, kun rakennuksessa on useita ilmanvaihtokoneita ja niillä erilaisia käyttöaikoja. | Rakennuskohde | YM energiatodistusoppaan 2013 esimerkki, 2006 rakennettu toimisto |
| | Rakennustilaputunnus | |
| | Rakennustyyppi | Olemassa oleva toimisto |
| | Pääsuunnittelija | |
| | Laskelman tekijä | Eero Energiatodistuskeskitalaja |
| Päiväys | | 12.08.2013 |